

Rec'd PCT/PTO 18 FEB 2005

PCT/EP 03/09231

BUNDEREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/525153

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 03 OCT 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 38 291.3

**Anmeldetag:**

21. August 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:**

Effizientes Intra-Domain Routing in Paketnetzen

**IPC:**

H 04 L 12/56

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 3. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**BEST AVAILABLE COPY**

## Beschreibung

## Effizientes Intra-Domain Routing in Paketnetzen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren, einen Randrouter und einen inneren Router zum Routing von Datenpaketen in einem Paketnetz mit Verkehrsverteilung

10 Ein wichtiges Arbeitsgebiet von Netzwerktechnikern sowie Routing- und Internetexperten ist die Weiterentwicklung von Paketnetzen. Ein wichtiges Ziel dieser Weiterentwicklung ist es, ein umfassendes Spektrum an Diensten über Paketnetze anbieten zu können.

- 15 Neben den herkömmlichen Anwendungen zur Datenübertragung sollen mehr und mehr Dienste mit Echtzeitanforderungen wie Telephonie (z.B. Voice over IP) und Übertragung von Bildinformationen in Echtzeit (z.B. Video on demand, Videokonferenzen) über Paketnetze realisiert werden. Daraus ergeben sich neue
- 20 Anforderung an die Paketnetze. Die Einhaltung von Qualitätsmerkmalen für Dienste mit Echtzeitanforderungen - es wird in diesem Zusammenhang häufig von quality of service, abgekürzt QoS, gesprochen - von zentraler Bedeutung.

Die zur Zeit populärsten Paketnetze basieren auf dem IP (Internet Protocol) Protokoll. Ihr Erfolg erklärt sich zu einem großem Maße aus ihrer vergleichsweise geringen Komplexität und ihrer hohen Flexibilität. Beides hat seinen Ursprung in der Weise, wie Pakete im IP Netz befördert werden.

30

Innerhalb von IP Netzen werden die Pakete anhand ihrer IP Adressen geroutet. In dem überwiegenden Teil der Fälle erfolgt das Routing auf einer per Hop Basis, d.h. die einzelnen Router identifizieren anhand der Paketadresse ein Ziel, üblicherweise ein weiterer Router, zu dem das jeweilige Paket weitergeleitet wird. Am Ende der Übertragung über eine Kette

35

von Routern steht die Zustellung des Pakets an die Zieladresse, häufig ein Host oder ein Gateway.

5 Der einzelne Router verfügt in der Regel über keine auf den Übertragungspfad bezogenen Informationen, die über den nächsten Hop bzw. die nächste Etappe hinausgehen. Die Vorhaltung und Verwaltung der Routingtabellen wird dadurch verhältnismäßig aufwandsarm. Das Verfahren ist zudem insofern flexibel, als Alternativen und Standardziele für den nächsten Hop vorgesehen werden können, die z.B. bei Störfällen oder unbekannten Adressen die Weitervermittlung der Pakete gewährleisten.

15 IP Netze mit herkömmlicher Routing-Technik sind für Echtzeitverkehr wenig geeignet. Die Verzögerung und der Verlust von Paketen unterliegt keiner hinreichend strengen Kontrolle, um die für die Echtzeitübertragung notwendigen Qualitätsmerkmale garantieren zu können.

20 Methoden zur besseren Kontrolle von Übertragungsparametern beinhalten die Reservierung von Übertragungskapazität für Dienste mit Echtzeitanforderungen und die Vorgabe von Übertragungspfaden im Netz. Zur Reservierung von Bandbreite in IP Netzen wurde das RSVP (Resource Reservation Protocol) Signalisierungsprotokoll entwickelt. Das RSVP Protokoll wird unter anderem zusammen mit dem MPLS (Multiprotocol Label Switching) Protokoll verwendet, das eine Festlegung des Übertragungsweges erlaubt. Das MPLS Protokoll sieht vor, dass ein Paket bei Eintritt in ein Netz durch einen Edgerouter LSR (Label Switching Router) ein Label zugeteilt bekommt, das für das Paket 30 einen Pfad LSP (Label Switched Path) durch das Netz festlegt. Die Weiterleitung des Pakets durch innere Router LSR (Label Switching Router) erfolgt dann entsprechend dem durch das Label festgelegten Pfad LSP.

35 Eine Pfadwahl findet auch im Rahmen der ATM (Asynchronous Transfer Mode) Technik statt und kann für IP Netze auch mit-

tels der (in der Praxis allerdings selten unterstützen) Source Route Option des IP Datagramms vorgenommen werden.

5 Die Reservierung von Pfaden erlaubt Garantieaussagen hinsichtlich einer QoS Übertragung, ist aber mit hoher Komplexität und mit dem Verlust an Flexibilität (im Vergleich zu „best effort“ Paketnetzen) verbunden.

10 Die Aufgabe der Erfindung ist effizientes Routing in Sinne einer QoS Übertragung über ein Paketnetz unter Vermeidung von Nachteilen herkömmlicher Methoden.

15 Die Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1, einen Randrouter nach Anspruch 16 und einen inneren Router nach Anspruch 17 gelöst.

20 Im Rahmen der Erfindung wird ein Verfahren zum Routing von Datenpaketen in einem Paketnetz mit Verkehrsverteilung vorgeschlagen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Datenpaket von einem inneren Router des Datennetzes weitergeleitet bzw. geroutet, wobei die Weiterleitung bzw. das Routing des Paketes anhand von zumindest zwei Informationen erfolgt. Eine dieser beiden Informationen ist die Schnittstelle bzw. der Knoten, wo das Datenpaket in das Paketnetz gelangt ist und die zweite Information ist die Schnittstelle bzw. der Knoten, wo das Datenpaket das Datennetz verlassen soll. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren wie der ATM-Technologie oder der MPLS-Technologie wird kein vollständiger Pfad durch das Paketnetz festgelegt. Fixiert werden nur der Zugangspunkt des

30 Datenpaketes zu dem Datennetz und der Punkt bzw. die Schnittstelle, wo das Datenpaket das Datennetz wieder verlässt. Im Inneren des Paketnetzes wird mit Verkehrsverteilung gearbeitet. D.h. zum Beispiel, dass Router Alternativen für die Weiterleitung von Datenpaketen vorgegeben bekommen, die sie beispielsweise bei Ausfall eines Links oder im Rahmen von einer statistischen Verteilung über alternative Wege für das Routing verwenden können. Für die Festlegung von Eintritts- bzw.

35

Austrittspunkten von Datenpaketen (d.h. die Schnittstellen, bei denen die Datenpakete in das Netz eintreten bzw. das Netz wieder verlassen) können z.B. Kennungen an Randknoten bzw. Ports von Randknoten vergeben werden. Eine derartige Kennung bezeichnet dann die Knoten bzw. die Ports der Knoten, über die das Datenpaket in das Paketnetz gelangt ist bzw. das Paketnetz verlassen soll.

10 Innerer Router bzw. innerer Knoten ist hierbei auf das Weiterleiten des Datenpaketes durch das Paketnetz bezogen und beinhaltet alle Router bzw. Knoten, die nicht identisch dem Eintritts- oder Austrittsknoten sind. Die Menge der Router, die Schnittstellenfunktion bezüglich anderer Netze haben und topologisch am Rande des Netzes platziert sind, werden Edge  
15 Router genannt. Die komplementären Router heißen dann Core Router. Im Rahmen dieser Terminologie ist innerer Router und Core Router nicht identisch. Wenn beispielsweise der Pfad des Datenpaketes beim Routing durch das Paketnetz über mehrere Core Router führt, sind nur die beiden Core Router bei denen  
20 das Datenpaket in das Netz eintritt bzw. austritt auch innere Router im Sinne der Beschreibung.

Bei dem Paketnetz kann es sich auch um ein Teilnetz oder Subnetz handeln. In IP (Internet Protocol) Systemen gibt es z.B. Netzarchitekturen, bei denen das Gesamtnetz in „autonome Systeme“ bzw. „autonomous system“ genannte Netze unterteilt ist. Das erfindungsgemäße Netz kann z.B. ein autonomes System oder der Teil des Gesamtnetzes im Zuständigkeitsbereich eines Dienstansbieters (z.B. ISP: internet service provider) sein.  
30 Im Falle eines Teilnetzes können über eine Verkehrskontrolle in den Teilnetzen und eine effiziente Kommunikation zwischen den Teilnetzen Dienstparameter für eine Übertragung über das Gesamtnetz festgelegt werden.

35 Im Paketnetz wird Verkehrsverteilung vorgenommen. Dabei können Router des Datennetzes Verkehr zu alternativen nächsten Stationen bzw. Hops verteilen. Diese Verteilung kann z.B. pro

Paket oder pro Flow erfolgen. Das Routing über alternative Routen bzw. Pfade kann bei Ausfällen von Verbindungsabschnitten oder zwecks gleichmäßigerer Verteilung des Datenverkehrs vorgenommen werden. Die Erfindung erlaubt lokale Entscheidungen über die Weiterleitung von Datenpaketen anhand von Informationen über den Eintritts- und Austrittspunkt. Es erfolgt in der Regel keine starre Festsetzung des Pfades von Datenpaketen bei deren Eintritt in das Paketnetz.

- 5 Die Erfindung hat den Vorteil einer größeren Flexibilität gegenüber Methoden, die eine vollständige Festlegung des Übertragungspfades vorsehen. Durch Zugangskontrollen am Rande des Netzes kann sichergestellt werden, dass das Verkehrsaufkommen innerhalb des Netzes innerhalb von Grenzen bleibt, die eine Übertragung mit QoS Niveau erlauben. Durch die Verkehrsverteilung innerhalb des Netzes kann dafür gesorgt werden, dass bei einzelnen Links keine Engpässe auftreten. Probleme von herkömmlichen Paketnetzen wie das Kreisen von Paketen wird vermieden.

20

Das Einbeziehen der Ursprungsinformation in die Weiterleitungsentscheidung eines Routers ermöglicht es, eine größere Vielfalt von Wegen zuzulassen als bei klassischem IP-Routing bzw. ECMP (equal cost mulipath). Der damit verbundene Anstieg der Komplexität der Routing-Tabellen wird durch die Reduktion der Routing-Tabellen auf auf den Eintrittspunkt und den Austrittspunkt bezogene Informationen (z.B. Eingangs- und Ausgangsknotennummern) in einem Netz gering gehalten, die resultierenden Routing-Tabellen werden in der Regel kleiner sein als bei klassischem IP-Routing. Im Gegensatz zu MPLS wird kein expliziter Aufbau von Pfaden benötigt, und alle Netzknoten können die Wegevielfalt autonom ausschöpfen, um eine Verkehrsverteilung oder eine schnelle lokale Reaktion auf Fehler zu erreichen.

35

Für die Versorgung des inneren Routers mit den Informationen über den Eintritts- und Austrittspunkt werden im folgenden drei Möglichkeiten skizziert.

- 5    Beispielsweise kann am Eintrittspunkt das Datenpaket mit einem oder mehreren Informationsfeldern bzw. Labels versehen werden, die die Informationen bezüglich Eintritts- und Austrittspunkt des Datenpaketes beinhalten. Dieses Informationsfeld bzw. diese Informationsfelder können als Header bzw.
- 10   Trailer, dem Datenpaket vorangestellt oder an das Datenpaket angestückt werden. Dabei kann ein Informationsfeld sowohl die Information über den Eintrittspunkt wie über den Austrittspunkt als auch ein eigenes Informationsfeld jeweils die Information über den Eintrittspunkt bzw. den Austrittspunkt
- 15   umfassen. Den Informationsfeldern bzw. Labels kann eine Bitfolge vorangestellt werden, um das Informationsfeld als solches zu kennzeichnen. Eine Option ist es, mit MPLS-Labels zu arbeiten und für jedes Paar von Eingangsknoten und Ausgangsknoten einen MPLS-Label zu vergeben. Für jedes der Label werden
- 20   dann verschiedene alternative Pfade innerhalb des Datennetzes festgelegt. Beim Routing innerhalb des Netzes kann dann der innere Router das Label identifizieren und lokal eine Entscheidung treffen, auf welchen der zu dem Label gehörigen Pfaden er das Datenpaket weiterleitet. Sinnvollerweise werden Datenpakete eines Ende-zu-Ende-Flows, d.h. Datenpakete mit der selben Ursprungs- und Zieladressinformation (z.B. IP-Adressen und evtl. TCP-Portnummern) entlang desselben Pfades geroutet, um die Reihenfolge der Datenpakete zu erhalten.
- 30   Informationsfelder, die bei einem Eingangsknoten bzw. Eingangsrouters des Datennetzes dem Datenpaket zugefügt werden, können am Ausgangspunkt bzw. Ausgangsrouters wieder entfernt werden. Im inneren Router können z.B. Routingtabellen vorgehalten werden, die die Informationen über die Zugangs-
- 35   schnittstelle des Datenpaketes und die Information über die Ausgangsschnittstelle mit einer Adresse für das Weiterleiten des Datenpaketes in Relation setzen. Eine derartige Tabelle

umfasst dann für Paare von Zugangsschnittstellen und Ausgangsschnittstellen die Adresse für den nächsten Hop des Datenpaketes. Es können zudem weitere alternative Adressen im Sinne einer Verkehrsverteilung bzw. eines Backups im Falle von Störungen oder Verzögerungen auf einen der von dem inneren Router wegführenden Links in der Tabelle angeordnet werden. Anstelle von klassisch organisierten Tabellen kann auch eine Suche über moderne Suchstrukturen und Algorithmen, die beispielsweise entsprechend einer Baumstruktur vorgehen, durchgeführt werden.

Eine andere Option, die Informationen über Zugangsschnittstelle bzw. Ausgangsschnittstelle für das Datenpaket von dem Eingangsknoten zu dem inneren Router übermitteln, ist vorhandene, nicht benötigte Felder des Datenpaketes zu verwenden. Beispielsweise ist vorstellbar, dass die Source-Route-Option eines IP-Datagramms verwendet wird, um Adressinformationen für Eingangs- und Ausgangsschnittstelle des Datenpaketes zu speichern. Diese Informationen werden dann beim Eingang des Netzes in das Datagramm geschrieben und dann im Zuge der Routingentscheidung von dem inneren Knoten aus dem Datagramm extrahiert. Die Informationen über Zugangsschnittstelle bzw. Ausgangsschnittstelle können dann bei Verlassen des Netzes wieder aus den Feldern des Datenpakets entfernt werden, so dass diese wieder für ihre ursprünglichen Zwecke zur Verfügung stehen.

Eine dritte Möglichkeit ist es, dass der innere Knoten anhand von aus dem Datenpaket extrahierten Adressinformationen den Zugangspunkt und den designierten Ausgangspunkt für das Datenpaket identifiziert.

Eine für Eingangs- und Ausgangspunkt unterschiedliche Vorgehensweise zur Bestimmung der Information über die Zugangsschnittstelle des Datenpaketes zu dem Paketnetz und der Information über die Ausgangsschnittstelle, bei der das Datenpaket das Datennetz verlassen soll, ist ebenfalls möglich.



Z.B. kann bei dem Eintritt des Paketes in das Netz das Paket mit einem Informationsfeld mit der Kennung des Eintrittsknoten versehen werden. Der innere Router extrahiert dann die Kennung und bestimmt den Ausgangsknoten z.B. mit Hilfe einer  
5 Tabelle. Andere Kombinationen unterschiedlicher Vorgehensweisen zur Bestimmung der beiden auf die Eingangsschnittstelle bzw. die Ausgangsschnittstelle bezogenen Informationen sind ebenfalls möglich.

10 Die Erfindung wird im folgenden anhand von Figuren im Rahmen eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1: eine vereinfachte Darstellung eines Paketnetzes

15 Fig.2: herkömmliche Routingtabellen für das Beispielnetz von Fig.1

Fig.3: schematische Darstellung für die erfindungsgemäße Verwendung von Labels

20

Fig.4: erfindungsgemäße Routingtabellen

In Fig. 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung von einem Paketnetz N1. An das Paketnetz N1 sind die Netze N2 bis N4 angeschlossen. Die Netze N1-N4 erlauben den Teilnehmerstationen bzw. Endgeräten T1-T9 miteinander zu kommunizieren. Dabei sind jeweils drei Endgeräte an die Netze N2, N3 und N4 angeschlossen (T1-T3, T4-T6 und T7-T9). Das Paketnetz N1 umfasst die Knoten K1, K2 und K3, die über die Verbindungsleitungen  
30 bzw. Links L12, L13 und L23 miteinander verbunden sind. In Fig.2, oberste Tabelle, sind für die verschiedenen Paare von Ursprungs- und Zielnetzen jeweils zwei Wege angegeben. Der erste angegebene Weg stellt den bevorzugten Weg für ein Routing dar, das sich an der (minimalen) Anzahl der Zwischenstationen bzw. Hops orientiert. Der zweite Weg stellt jeweils  
35 einen Alternativweg dar, der z.B. als Behelf bei Störungen oder Engpässen genutzt werden kann. Exemplarisch wird ein Da-

tenübersendung von dem Netz N2 an das Netz N3 betrachtet. Der „least cost“ Weg führt über die Knoten K1 und K2. Der Alternativweg vermeidet den Link L12, indem er die Weiterleitungskette K1-K3-K2 vorsieht. Dieser Alternativweg wird beispielsweise bei Ausfall des Links L12 genützt.

Die zweite bis vierte Tabelle aus Fig.2 zeigen eine herkömmliche Routingtabellen in den Knoten K1, K2 und K3. Für ein Ziel ist jeweils die nächste Station bzw. der nächste Hop und eine Alternative entsprechend der in obersten Tabelle spezifizierten Wege angegeben. Entsprechend der Routingtabelle in Knoten K1 können an das Netz N1 adressierte Datenpakete direkt (lokal) an das angeschlossene Netz N1 übermittelte werden. Dieser Sachverhalt in der Tabelle durch die Felder mit dem Begriff „lokal“ wiedergegeben. An das Netz N3 gerichtete Datenpakete werden bevorzugt an den Knoten K2 weitergeroutet. Als alternatives Ziel ist der Knoten K3 tabelliert. Analog werden an das Netz N4 gerichtete Datenpakete bevorzugt zu dem Knoten K3 und alternativ zu dem Knoten K2 geroutet. Entsprechend sind die Routingtabellen für die Knoten K2 und K3 zu verstehen.

Diese Kombination von Routing-Tabellen lässt zu, dass beispielsweise ein von dem Netz N2 an das Netz N3 geschicktes Datenpaket, das am Knoten K1 in das Netz N1 eintritt, zunächst an den Knoten K3 weitergegeben und von diesem dann wieder an den Knoten K1 zurückgegeben wird. Z.B. bei einer Lastverteilung (load balancing) zum Zwecke einer besseren Auslastung innerhalb des Paketnetzes N1 über den bevorzugten und den alternative Weg können solche Fälle auftreten. Wenn z.B. Datenpakete grundsätzlich mit achtzigprozentiger Wahrscheinlichkeit entlang dem bevorzugten Weg geroutet werden und mit zwanzigprozentiger Wahrscheinlichkeit über den Alternativweg geroutet werden, dann tritt dieser Fall mit

$$0,2 * 0,2 * 100 = 4 \% \text{ Wahrscheinlichkeit auf.}$$

D.h. Schleifen treten auf. Schleifen müssen insbesondere dann vermieden werden, wenn Verkehrsbeschränkung und Verkehrskontrollen an den

Grenzen des Paketnetzes N1 im Hinblick auf QoS Garantien vorgenommen werden.

5 Dieses Problem lässt sich mit klassischem IP-Routing, das nur die Zieladresse eines Paketes berücksichtigt, nicht lösen, ohne dass die Wegevielfalt eingeschränkt wird. Im vorliegenden Beispiel müssten an mindestens zwei der Knoten die Alternativwege entfernt werden, um eine schleifenfreie Weiterleitung zu gewährleisten. Dies ist gleichzeitig die maximale Wegevielfalt, die mit Mechanismen wie ECMP (Equal Cost Multipath) mit manueller Einstellung der Kostenparameter oder mit EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) und unequal cost multipath routing erreicht werden kann.

10 Eine Option zur Umgehung der zielbasierten Weiterleitung (destination based routing) ist die Vorgabe des Übertragungspfades, z.B. im Rahmen des MPLS Konzepts. Dabei werden jedem IP-Paket einige Bits (ein „Label“) vorgeschaltet, die den Pfad referenzieren. MPLS hat jedoch den Nachteil, dass weitere Knoten auf dem Weg die ursprüngliche Wegeauswahl des Routers am Netzeingang („ingress router“) nicht mehr modifizieren können.

15 In Fig. 3 illustriert das erfindungsgemäße Vorgehen von Informationsfeldern bzw. Labels zum Routing innerhalb des Paketnetzes N1. Es sind das Paketnetz N1 sowie die Netze N2 und N3 dargestellt. Ein Datenpaket, das vom Netz N2 zum Netz N3 übertragen werden soll, wird beim Knoten K1, d.h. beim Netzeingang, modifiziert. Dem Datenpaket werden als Header  
30 die label EL (EL: für Egress Label) und IL (IL: für Ingress label) vorangestellt. Das Label IL umfasst eine Kennung des Eingangsrouter (ingress router) und das Label EL eine Kennung des Ausgangsrouter (egress router), an dem das Datenpaket das Netz wieder verlassen soll. Optional kann auch  
35 eine zusätzliche Bitfolge LC\* (LC: für label code) die Label IL und EL als solches kennzeichnen. In der Fig.3 ist schematisch ein IP-Paket mit solchen Label EL, IL und LC gezeigt,

die beim Eintritt des Datenpaketes in das Netz N1 am Knoten K1 hinzugefügt und beim Austritt aus dem Netz N1 am Knoten K2 wieder entfernt werden.

- 5 Die Label EL und IL enthalten im Fall von IL die Nummer des Knotens K1 und für EL die Nummer des Knotens K2. Diese Knotennummern können beispielsweise bei der Installation der Netzknoten vergeben werden, so dass sie jeweils innerhalb eines betrachteten Paketnetzesnetzes bzw. autonomen System (in  
10 der englischsprachigen Literatur findet man häufig den Ausdruck Autonomous System) eindeutig sind. Als Label IL kann jeder Eingangsknoten des Netzes seine eigene Knotennummer einsetzen. Die Bestimmung der Knotennummer des Ausgangsknotens bzw. des Labels EL kann anhand klassischer Paketnetz-  
15 Routing-Informationen, z.B. der im Paket eingetragenen Ziel-IP-Adresse, vorgenommen werden. Die bestimmte Knotennummer des Ausgangsknotens wird dann als Label EL eingesetzt.

- 20 Innerhalb des Netzes müssen nun die Ursprungs- und Zieladressen im Header des Datenpakets nicht mehr betrachtet werden. Die Bestimmung des nächsten Knotens kann allein anhand der dem Paket vorangestellten Informationsfelder IL und EL (oder eines einzigen kombinierten Labels) geschehen. Dadurch werden die Routing-Tabellen erheblich verkleinert. Durch Kombination der Informationsfelder IL und EL zu einem Pseudo-MPLS-Label könnte darüber hinaus das Übermittlungsformat der Pakete mit MPLS kompatibel gehalten werden.

- 30 Fig. 4 zeigt erfindungsgemäße Routing-Tabellen für das Beispiel von Fig.1. Den Knoten K1, K2 und K3 seien die Knotennummern bzw. Kontenkennungen KN1, KN2 und KN3 zugeordnet. Der Eingangsknoten, z.B. Knoten K1, verwendet dann die eigene Kontennummer, d.h. KN1 für Knoten K1, für das Label IL. Die Knotenkennung für das Label EL wird anhand einer Tabelle be-  
35 stimmt. Jeder Netzknoten in N1, der mit externen Netzen verbunden ist, hat dann eine Tabelle zur Bestimmung des Ausgangsknotens. Ein Beispiel für eine derartige Tabelle gibt

die oberste Tabelle aus Fig.4. Bei der Übertragung eines Datenpakets vom Netz N2 zum Netz N3 extrahiert der Eingangsknoten K1 aus besagter Tabelle der Fig.4 die Knotennummer KN2 für den Ausgangsknoten K2. Die Knotennummer KN2 wird dann für das Label EL verwendet. In der Tabelle stehen die Netze N2, N3 und N4 stellvertretend für ihre Netzknoten und alle über sie erreichbaren weiteren Netze. Die Tabellen zur Bestimmung des EL haben in etwa die Größe einer BGP-Routing-Tabelle (BGP: Border Gateway Protocol). Entsprechend wird auch der Suchaufwand zur Bestimmung eines Labels EL ähnlich moderat sein wie bei der Bestimmung eines Next Hop Routers mit Hilfe des BGP Protokolls.

Die übrigen Tabellen aus Fig.4 sind das Analogon der Routing-Tabellen aus Fig.2 für das erfindungsgemäße Verfahren. Die Routing-Tabellen haben jetzt einen Eintrag je Ingress-Egress-Knotenpaar. Wenn das Paket das Netz N1 an einem der Knoten verlassen soll, wird das Label wieder entfernt und der nächste Knoten über das externe Routing-Protokoll, (in der Literatur ist der Ausdruck exterior gateway protocol, abgekürzt EGP, üblich) bestimmt werden. Das BGP (border gateway protocol) Protokoll wird häufig zu diesem Zweck verwendet. Beispielsweise wird ein Datenpaket von dem Netz N2 zu dem Netz N3 geschickt. Der Eingangsknoten K1 bestimmt den Ausgangsknoten K2 und stellt die Kennungen KN1 und KN2 von Eingangs- und Ausgangsknoten dem Datenpaket als Label voran. Entsprechend der Routing-Tabelle für den Knoten K1 aus Fig.4 ist für das egress-ingress-Labelpaar KN2 und KN1 der bevorzugte nächste Knoten K2. Alternativ wird das Datenpaket zum Knoten K3 geroutet. Im ersten Fall wird - nach Maßgabe der dritten Tabelle von Fig.4 - vom Knoten K2 der nächste Hop mit Hilfe eines EGP Protokolls bestimmt (der Stern ist hierbei Platzhalter für irgendeine Knotenkennung). Im zweiten Fall - unterste Tabelle von Fig.4 - wird vom Knoten K3 der Knoten K2 als nächster Hop bestimmt. Es gibt keinen alternativen Hop, bzw. keine alternative Adresse. Die Schleife wird dadurch vermieden.

Die Vergabe der Knotennummern kann bei der Installation von Netzknoten manuell erfolgen. Vorzuziehen sind allerdings automatisierte Mechanismen. Dazu kann zwischen den Routern ein Protokoll ablaufen, mit dem diese sich (beispielsweise anhand der Sortierung ihrer IP-Adressen im betrachteten Netz) selbstständig auf die Knotennummern einigen und anschließend die Tabellen zur Bestimmung der Egress Label EL untereinander verteilen. Werden neue Knoten in ein laufendes Netz eingebracht, so können diese die jeweils nächsten noch nicht belegten Knotennummern erhalten. Um im laufenden Betrieb eine Vereinigung von vorher getrennten Netzen zu bewerkstelligen, sind im allgemeinen weitere Mechanismen nötig.

Eine Alternative zur automatischen Selbstkonfiguration ist auch die Konfiguration durch eine zentrale Station, beispielsweise im Rahmen des Netzmanagements. Dazu kann ein Netz zunächst im normalen IP-Routing-Betrieb gestartet werden. Anschließend werden über das Netzmanagement die Knotennummern vergeben und erst dann werden die Prozesse zum Anbringen der Labels und Verteilen des Verkehrs auf mehrere Wege gestartet.

Um durch freie lokale Verteilung von Paketen auf verschiedene Wege die Reihenfolge semantisch zusammengehörender Pakete (zum Beispiel Pakete derselben TCP-Verbindung) nicht zu stören, kann dem Label durch einen Knoten am Netzeingang zusätzlich ein weiteres Feld FI (flow identifizier) hinzugefügt werden, das beispielsweise einen aus Ursprungs- und Zieladresse (z.B. IP Adressen und evtl. Portnummern) des Paketes berechneten Wert enthält. Die weiteren Knoten im Netz müssen sich dann entweder für jeden Wert des Feldes FI die getroffene Wege-Entscheidung in einer dynamischen Tabelle merken, oder sie weisen in systematischer Weise (z.B. durch Aufteilung des Wertebereiches von FI) den FI-Werten bestimmte Routen zu. Die Zuordnung zwischen FI und Wege-Entscheidung kann im Fehlerfall an jedem Knoten lokal dynamisch geändert werden.

Die Routing-Tabellen können mittels Algorithmen entweder zentral berechnet und an alle Knoten verteilt werden, oder sie werden in jedem Knoten autonom, beispielsweise mit Hilfe des OSPF (Open Shortest Path First) Protokolls ausgetauschten

5 Link-State-Informationen, berechnet.

Das beschriebene Verfahren kann auch ohne die Übermittlung von Ingress-/Egress-Nummern in Labels eingesetzt werden. Dazu werden in jedem Netzknoten zwei weitere Tabellen vorgesehen,

10 mit deren Hilfe er sich für jedes Paket die entsprechenden Informationen selbst errechnen kann. Die EL-Tabelle entspricht dabei der oben anhand von Fig. 4 erläuterten EL-Tabelle. Eine entsprechende IL-Tabelle kann aus den externen (EGP) Routing-Tabellen in gleicher Weise erstellt werden,

15 wenn im EGP ein symmetrisches Routing sichergestellt wird. Symmetrisches Routing bedeutet dabei, dass der Pfad von Datenpaketen hinsichtlich der Übertragungsrichtung invariant ist, d.h. unabhängig von einer Vertauschen von Ursprungs- und Zieladresse im Datenpaketheader. Bei der Erstellung einer IL-

20 Tabelle werden die Ursprungsadressen mit der Zugangsschnittstelle bzw. dem Zugangsknoten in Relation gesetzt. Für ein Datenpaket wird die Zugangsschnittstelle ermittelt, indem mit Hilfe des EGP die Ausgangsschnittstelle bzw. der Ausgangsknoten für Datenpakete bestimmt wird, die die Ursprungsadresse des Datenpakets als Zieladresse haben. Wegen der Symmetrie des Routings ist die bestimmte Schnittstelle bzw. der bestimmte Knoten die Zugangsschnittstelle bzw. der Zugangsknoten des Datenpakets.

30 Da aus Sicherheitsgründen oft ohnehin eine Überprüfung gewünscht wird, ob die Ursprungsadresse eines IP-Paketes beim Eintritt in ein Netz mit dem physikalischen Eintrittspunkt in Einklang zu bringen ist, wird die Anforderung nach symmetrischem Routing möglicherweise in Zukunft standardmäßig erfüllt

35 werden.

- Das Konzept kann auch nur mit einem Ingress Label IL verwirklicht werden. In diesem Fall würden die lokalen Routing-Tabellen anstelle der Egress Labels EL die üblichen Netzadressen enthalten und wären entsprechend größer, aber den
- 5 Netzeingangsknoten würde das Nachschlagen der Egress Labels erspart werden.



## Patentansprüche

1. Verfahren zum Routing von Datenpaketen in einem mit Routern gebildeten Paketnetz (N1) mit Verkehrsverteilung, bei dem

ein Datenpaket (IP-Paket) von einem inneren Router des Paketznetzes (N1) weitergeleitet wird, wobei die Weiterleitung des Datenpaketes (IP-Paket) zumindest anhand einer Information (K1) über die Zugangsschnittstelle des Datenpaketes (IP-Paket) zu dem Paketnetz (N1) und einer Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle, bei der das Datenpaket (IP-Paket) das Datennetz (N1) verlassen soll, vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- dass das Datenpaket (IP-Paket) bei der Zugangsschnittstelle mit Identifikationsinformationen versehen wird, anhand derer von dem inneren Router die Zugangsschnittstelle und die Ausgangsschnittstelle identifiziert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Identifikationsinformationen eine Kennung (K1, K2) oder eine Netzadresse für die Zugangsschnittstelle und die Ausgangsschnittstelle umfassen.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

- dass das Datenpaket (IP-Paket) bei der Zugangsschnittstelle mit wenigstens einem Informationsfeld (IL, EL) versehen wird, und

- dass der innere Router dem Informationsfeld bzw. den Informationsfeldern (IL, EL) die Information (K1) über die Zugangsschnittstelle des Paketes (IP-Paket) zu dem Paketnetz (N1) und die Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle entnimmt.

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass das Datenpaket (IP-Paket) mit einem Informationsfeld  
versehen wird, wobei

- 5 -- das Informationsfeld als Header oder Trailer dem Datenpa-  
ket hinzugefügt wird,  
-- das Informationsfeld eine Kennung (K1, K2) der Zugangs-  
schnittstelle und der Ausgangsschnittstelle umfasst.

10 6. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass das Datenpaket (IP-Paket) mit zwei Informationsfeldern  
(IL, EL) versehen wird, wobei

- 15 -- die Informationsfelder (IL, EL) jeweils als Header oder  
Trailer dem Datenpaket (IP-Paket) hinzugefügt werden,  
-- das eine Informationsfeld (IL) eine Kennung (K1) der Zu-  
gangsschnittstelle und das andere Informationsfeld (EL) eine  
Kennung (K2) der Ausgangsschnittstelle umfasst.

20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass wenigstens einem Informationsfeld (IL, EL) eine Bit-  
folge (LC\*) beigefügt oder vorangestellt wird, die das Infor-  
mationsfeld (IL, EL) als solches kennzeichnet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass das Datenpaket (IP-Paket) bei der Eingangsschnittstel-  
le mit wenigstens einem Informationsfeld (IL, EL) versehen  
30 wird, und  
- dass dieses Informationsfeld (IL, EL) bei der Ausgangs-  
schnittstelle wieder entfernt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8,  
35 dadurch gekennzeichnet,

- dass wenigstens ein Informationsfeld (IL, EL) durch ein  
MPLS Label gegeben ist.

10. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,

- 5 - dass die Identifikationsinformationen in eines der im Rahmen des Formats des Datenpakets vorgesehene Feld geschrieben wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

- 10 - dass die Ausgangsschnittstelle durch eine Kennung (K2) referenziert wird,  
- dass die Kennung (K2) der Ausgangsschnittstelle anhand einer Netzwerkadresse des Netzes (N3) identifiziert wird, an das das Datenpaket (IP-Paket) nach Durchquerung des Paketnetzes (N1) weitergeleitet werden soll, und  
15 - dass die Identifikation der Kennung (K2) der Ausgangsschnittstelle anhand der Netzwerkadresse mit Hilfe einer Tabelle bei der Eingangsschnittstelle vorgenommen wird.

20 12. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass das Datenpaket (IP-Paket) bei der Zugangsschnittstelle mit einer Identifikationsinformation versehen wird, anhand derer von dem inneren Router die Zugangsschnittstelle identifiziert wird,  
- dass die Identifikationsinformation eine Kennung (K1) oder eine Netzadresse der Zugangsschnittstelle umfasst, und  
- dass der innere Router die Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle anhand von aus dem Datenpaket extrahierten  
30 Adressinformationen ermittelt.

13. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,

- 35 - dass der innere Router die Information (K1) über die Zugangsschnittstelle und die Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle anhand von aus dem Datenpaket (IP-Paket) extrahierten Adressinformationen ermittelt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- 5 - dass die Weiterleitung des Datenpaketes (IP-Paket) mit Hilfe einer Routing-Tabelle erfolgt, die die Information über die Zugangsschnittstelle des Datenpaketes (IP-Paket) zu dem Paketnetz (N1) und die Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle einer Netzadresse für den nächsten Hop zuordnet.

10

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- 15 - dass das Datenpaket (IP-Paket) bei der Zugangsschnittstelle mit einem Informationsfeld zur Identifikation des Flows versehen wird, und  
- dass die Weiterleitung des Datenpakets (IP-Paket) durch den inneren Router nach Maßgabe des Informationsfeldes vorgenommen wird.

- 20 16. Innerer Router eines Paketnetzes (N1) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
- mit wenigstens einer Routing-Tabelle, die die Information (K1) über die Zugangsschnittstelle des Datenpaketes (IP-Paket) zu dem Paketnetz (N1) und die Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle einer Netzadresse für den nächsten Hop zuordnet.

17. Randrouter eines Paketnetzes (N1) zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 11,  
30 - mit einer Tabelle zur Identifikation der Kennung (K2) der Ausgangsschnittstelle des Datenpakets (IP-Paket) anhand der Netzwerkadresse des Netzes (N3), an welches das Datenpaket (IP-Paket) nach Durchquerung des Paketnetzes (N1) weitergeleitet werden soll.

## Zusammenfassung

## Effizientes Intra-Domain Routing in Paketnetzen

- 5 Die Erfindung betrifft das Routing von Datenpaketen (IP-Paket) in einem Paketnetz (N1), z.B. einem autonomen System, mit Verkehrsverteilung. Im Rahmen der Erfindung wird das Weiterleitung bzw. das Routing von Datenpaketen (IP-Paket) anhand einer Information (K1) über die Zugangsschnittstelle und  
10 einer Information (K2) über die Ausgangsschnittstelle des Datenpaketes (IP-Paket) vorgenommen. Diese beiden Informationen (K1, K2) werden beispielsweise bei der Eingangsschnittstelle dem Datenpaket (IP-Paket) als Informationsfelder bzw. Labels (IL, EL) vorangestellt. Die Erfindung ermöglicht bei moderat  
15 tem Aufwand und beschränkter Komplexität ein flexibles und schleifenfreies Routing im Sinne einer Verkehrsverteilung.

Fig. 3

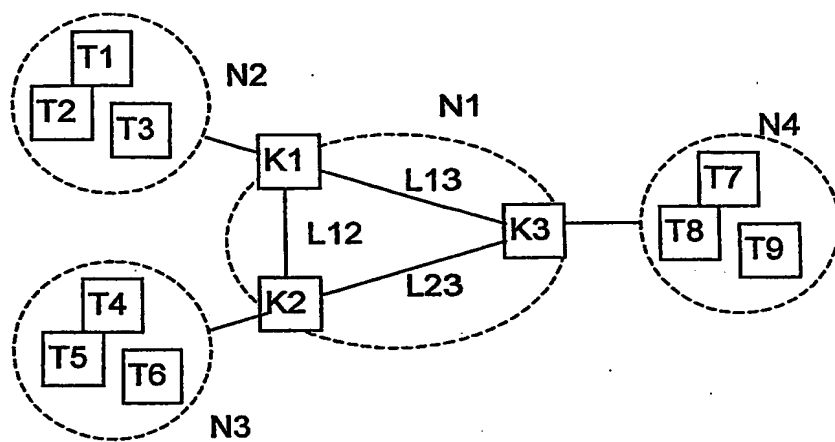


Fig.1

RT:

Ursprung	Ziel	Weg1	Weg2
N2	N3	K1-K2	K1-K3-K2
N2	N4	K1-K3	K1-K2-K3
N3	N2	K2-K1	K2-K3-K1
N3	N4	K2-K3	K2-K1-K3
N4	N2	K3-K1	K3-K2-K1
N4	N3	K3-K2	K3-K1-K2

Knoten K1:

Ziel	Next Hop	alternativer Next Hop
N1	local	local
N2	local	local
N3	K2	K3
N4	K3	K2

Knoten K2:

Ziel	Next Hop	alternativer Next Hop
N1	local	-
N2	K1	K3
N3	local	-
N4	K3	K1

Knoten K3:

Ziel	Next Hop	alternativer Next Hop
N1	local	-
N2	K1	K2
N3	K2	K1
N4	local	-

Fig.2

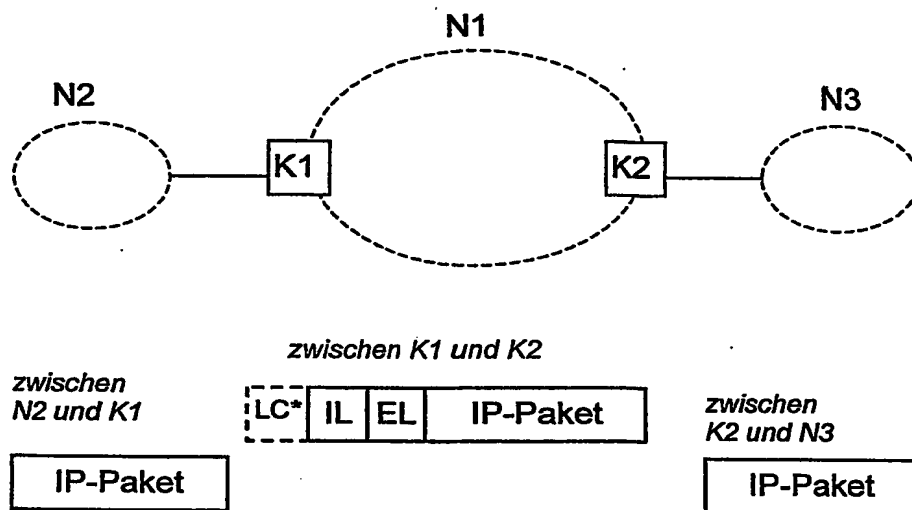


Fig.3



Tabelle zur Bestimmung des EL:

Ziel	Ausgangs knoten	EL
N2	K1	KN1
N3	K2	KN2
N4	K3	KN3

Knoten K1:

EL	IL	Next Hop	alternativer Next Hop
KN2	KN1	K2	K3
KN2	KN3	K2	—
KN3	KN1	K3	K2
KN3	KN2	K3	—
KN1	*	EGP	

Knoten K2:

EL	IL	Next Hop	alternativer Next Hop
KN1	KN2	K1	K3
KN1	KN3	K1	—
KN3	KN2	K3	K1
KN3	KN1	K3	—
KN2	*	EGP	

Knoten K3:

EL	IL	Next Hop	alternativer Next Hop
KN1	KN3	K1	K2
KN1	KN2	K1	—
KN2	KN3	K2	K1
KN2	KN1	K2	—
KN3	*	EGP	

Fig.4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**